

Tecnología Móvil, Regulación de Emisiones y Salud

***Dr. Marvin Sánchez Garache,
Dr. Marvin Arias Olivas***

**Programa de Investigaciones en TIC
Facultad de Electrotecnia y Computación
Universidad Nacional de Ingeniería**

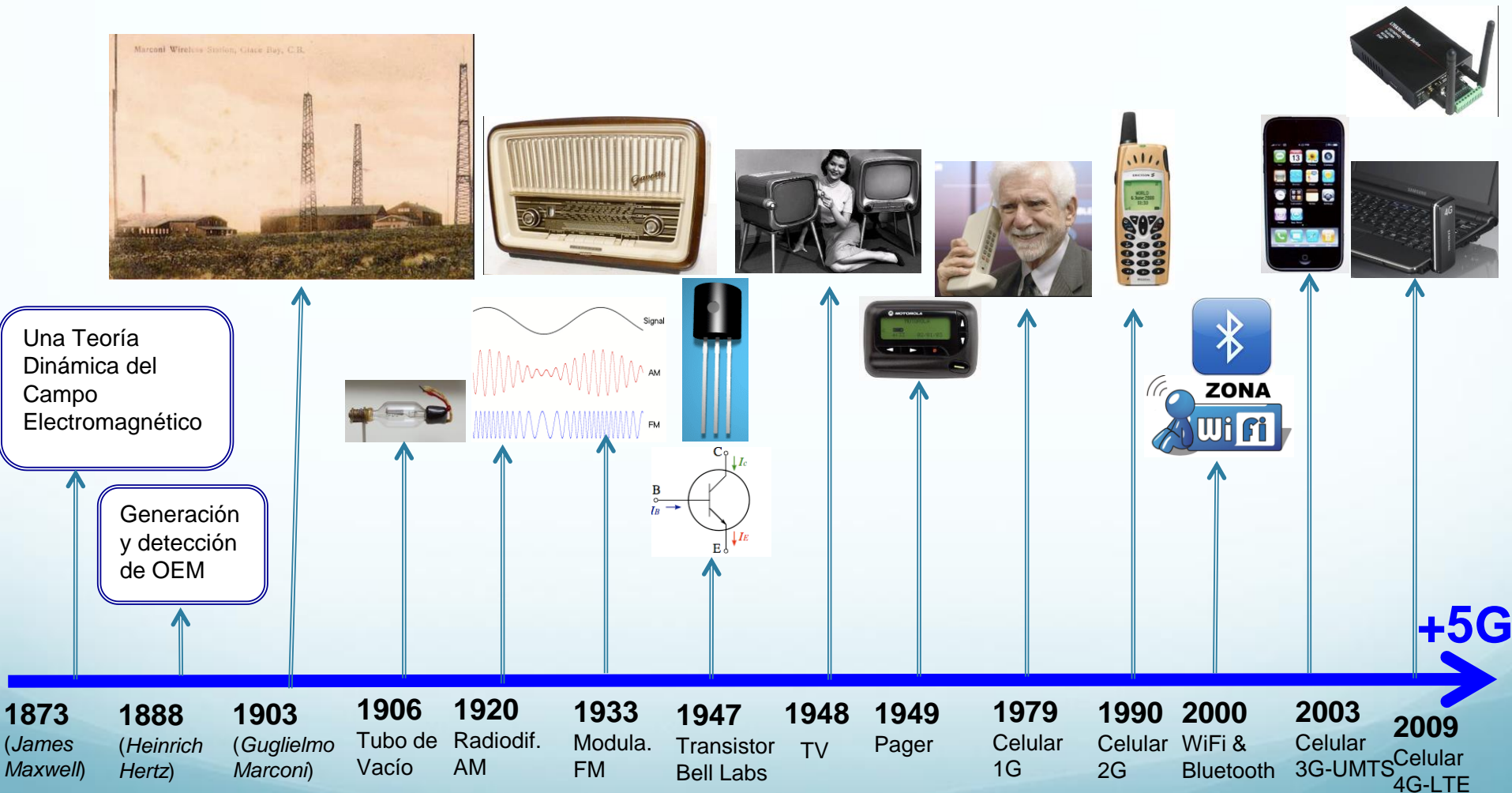
Objetivo

▀ Se presentan los Niveles de operación seguros (no perjudiciales a la salud) recomendados por la OMS & UIT & ICNIRP. Para su entendimiento, se introducen los conceptos de estándares, arquitectura de red, frecuencias y potencias utilizadas en las redes celulares. Adicionalmente, se presentan los resultados de mediciones de campo y simulaciones conducidas por la UNI en Managua.

Agenda

- ☐ Introducción: Evolución de las Comunicaciones Inalámbricas
- ☐ Regulación de Emisiones - Analogía.
- ☐ Estándares de ETSI via 3GPP
- ☐ Arquitectura General de una red celular
 - Calidad, Capacidad y Baja Potencia en Redes Móviles
 - Estaciones Base y Terminales de Usuario en Red Celular
 - Evolución & Reducción de Potencia Macro-celdas
 - Evolución & Reducción de consumo de Potencia Terminal de Usuario.
- ☐ Regulación de Emisiones: Radiaciones No Ionizantes
 - Espectro Radioeléctrico Útil (No ionizante)
 - Nivel de Penetración de la Telefonía en Nicaragua
 - Exposición Ocupacional
 - Exposición Poblacional
- ☐ **Resumen**

Evolución de Las comunicaciones Inalámbricas



Regulación de Emisiones - Analogía



Paracelso
alquimista, médico y
astrólogo suizo
(1493 - 1541)

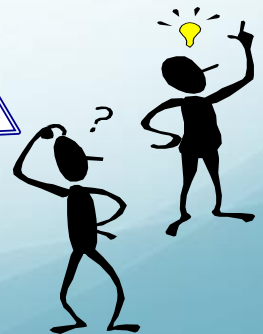
La regulación de emisiones es como la dosis en el manejo de sustancias en medicina.

Según observación de **Paracelsus**, no hay sustancias inocuas solo formas inofensivas de manejarlas:

"Todo es veneno, nada es sin veneno. Sólo la dosis hace el veneno"

En Radiocomunicaciones (radio, TV, Satelital, Celular etc.) las frecuencias de operación y la potencia de transmisión son reguladas.

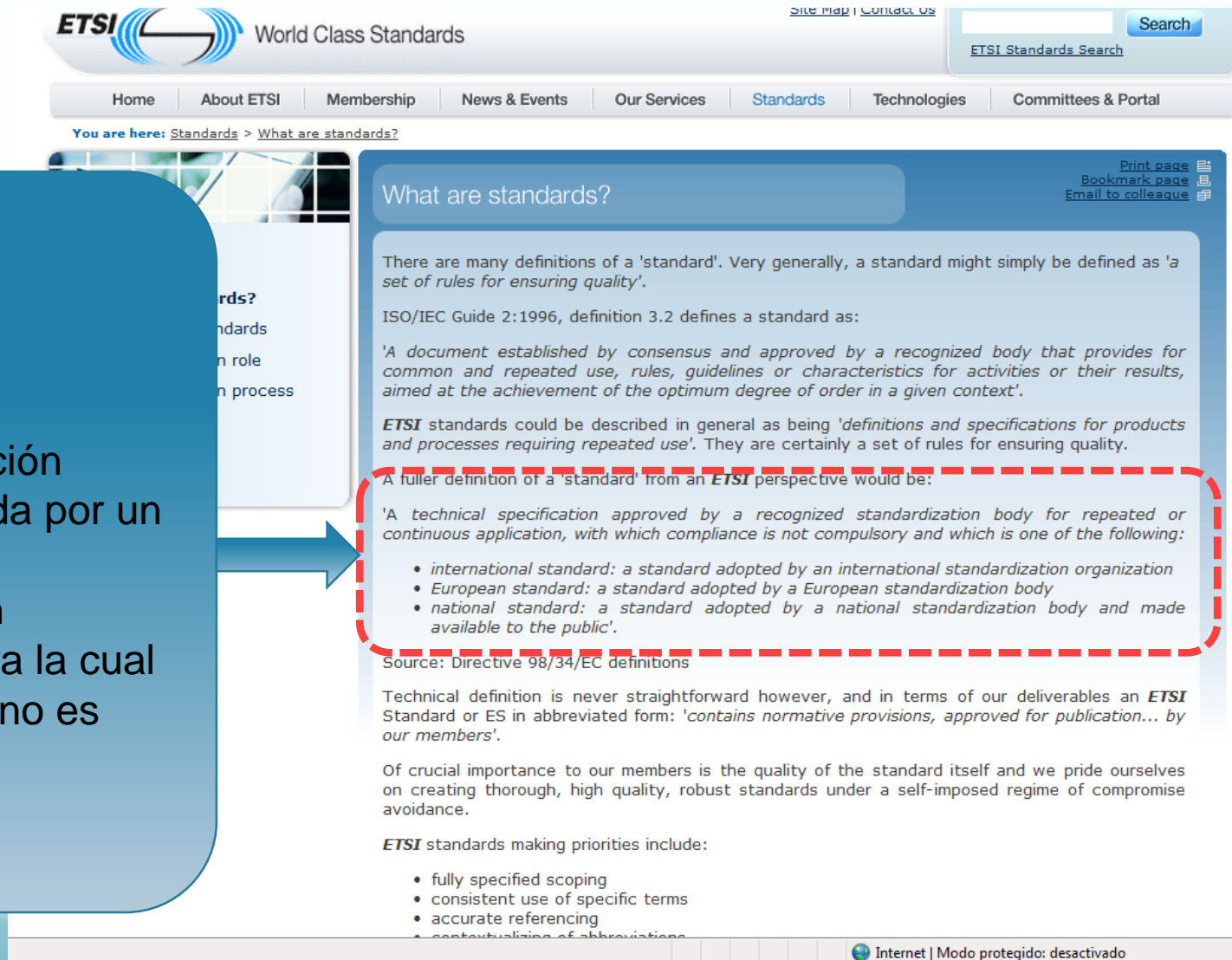
En redes celulares adicionalmente se utilizan estándares internacionales.



Estándares de ETSI via 3GPP: GSM/GPRS/EDGE, UMTS/HSPA (W-CDMA) & LTE son European Telecommunications Standards Institute (ETSI)

Que es un Estándar?

Una especificación técnica aprobada por un organismo de estandarización reconocido, para la cual la conformidad no es obligatorio.



ETSI World Class Standards

Home | About ETSI | Membership | News & Events | Our Services | **Standards** | Technologies | Committees & Portal

You are here: [Standards](#) > [What are standards?](#)

What are standards?

There are many definitions of a 'standard'. Very generally, a standard might simply be defined as 'a set of rules for ensuring quality'.

ISO/IEC Guide 2:1996, definition 3.2 defines a standard as:

'A document established by consensus and approved by a recognized body that provides for common and repeated use, rules, guidelines or characteristics for activities or their results, aimed at the achievement of the optimum degree of order in a given context'.

ETSI standards could be described in general as being 'definitions and specifications for products and processes requiring repeated use'. They are certainly a set of rules for ensuring quality.

A fuller definition of a 'standard' from an **ETSI** perspective would be:

'A technical specification approved by a recognized standardization body for repeated or continuous application, with which compliance is not compulsory and which is one of the following:

- international standard: a standard adopted by an international standardization organization*
- European standard: a standard adopted by a European standardization body*
- national standard: a standard adopted by a national standardization body and made available to the public'.*

Source: Directive 98/34/EC definitions

Technical definition is never straightforward however, and in terms of our deliverables an **ETSI** Standard or ES in abbreviated form: 'contains normative provisions, approved for publication... by our members'.

Of crucial importance to our members is the quality of the standard itself and we pride ourselves on creating thorough, high quality, robust standards under a self-imposed regime of compromise avoidance.

ETSI standards making priorities include:

- fully specified scoping
- consistent use of specific terms
- accurate referencing
- contextualizing of abbreviations

Print page | Bookmark page | Email to colleague

Internet | Modo protegido: desactivado

Calidad, Capacidad y Baja Potencia



Acceso a comunicación en cualquier lugar en cualquier momento (Anytime, Anywhere).

El número de canales de frecuencia es limitado y se presta servicio a millones de usuarios en cada País.

El terminal de usuario móvil se alimenta por baterías y su antena es sencilla.



Arquitectura de Redes Móviles

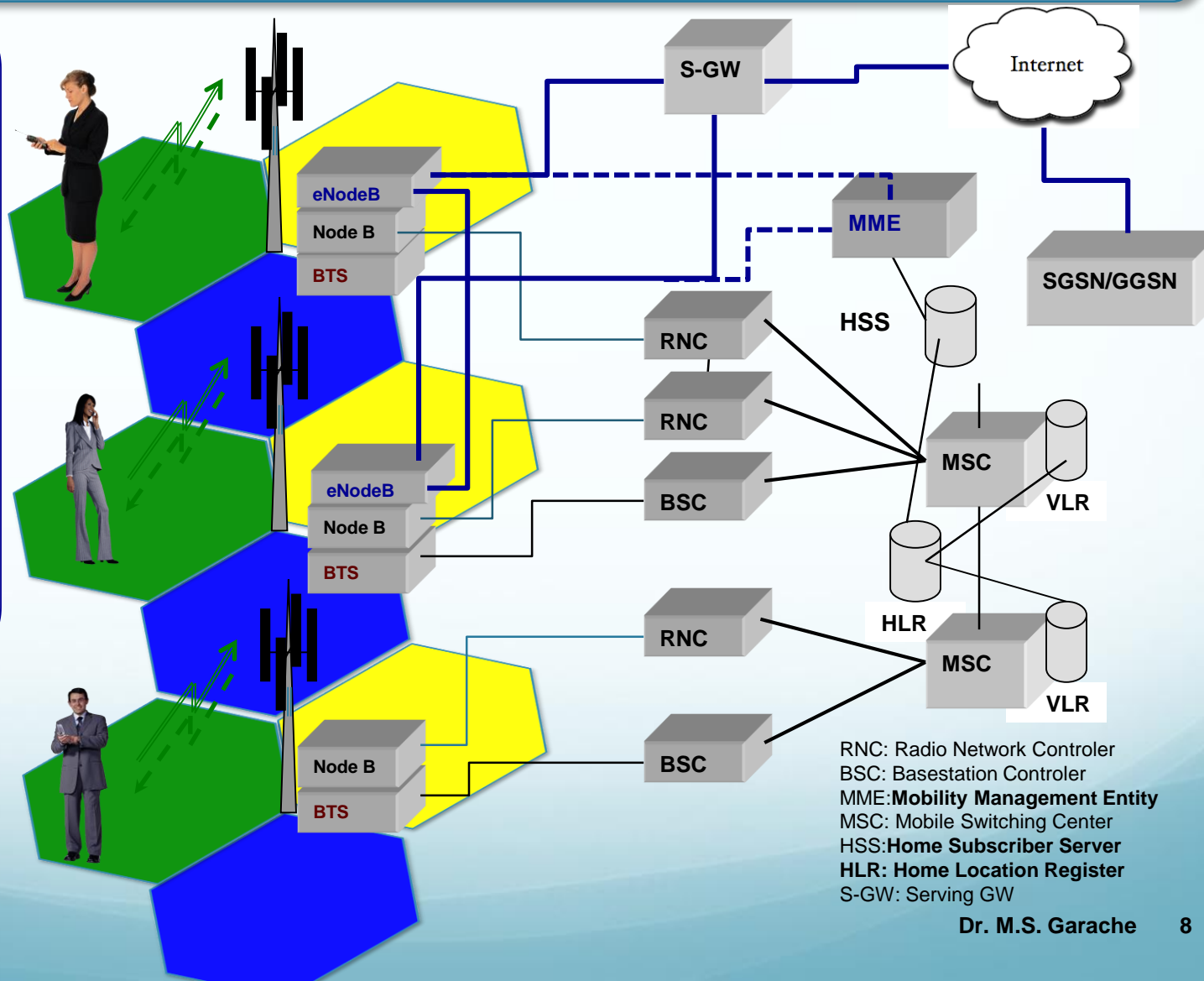
El Core Network usado para 2G también se utiliza para 3G. En LTE se requiere el uso de MME.

Los mismos canales pueden reutilizarse y usar baja potencia de transmisión:

✓ **GSM:** frecuencia portadora y ranura de tiempo.

✓ **3G-WCDMA/HSPA:** Códigos de dispersión (OSVF/Scrambling)

✓ **LTE:** Subcarriers OFDM & Antenas Inteligentes (MIMO).



Ejemplo de un Sistema 3G WCDMA - Ericsson



RRU



Herraje Superior



Tilt Mecánico



Herraje Inferior



Tilt Eléctrico

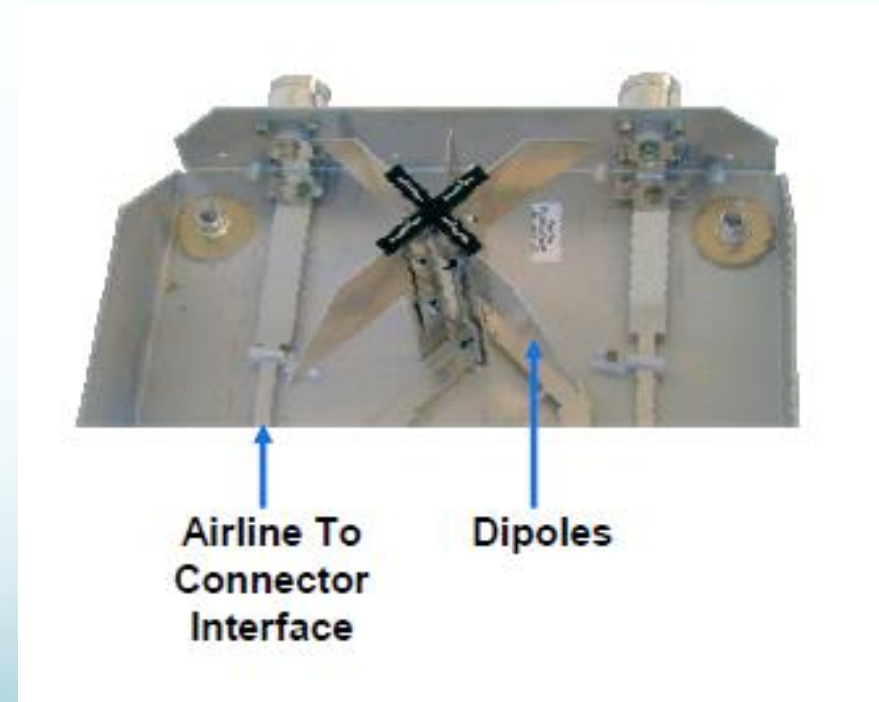


La Antena Celular en la Estacion Base



En términos simples:

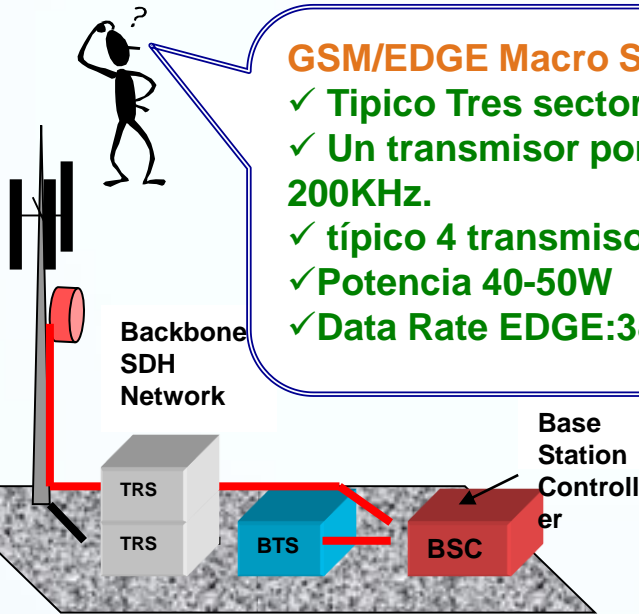
Son múltiples Dipolos de metal interconectados; diseñados para “óptima” transferencia de la señal/energía direccionalmente.



Evolución & Reducción de Potencia Macro-celdas

GSM/EDGE Macro Station 3x4:

- ✓ Típico Tres sectores
- ✓ Un transmisor por Carrier de 200KHz.
- ✓ típico 4 transmisores por sector.
- ✓ Potencia 40-50W
- ✓ Data Rate EDGE: 384kbps/128kbps

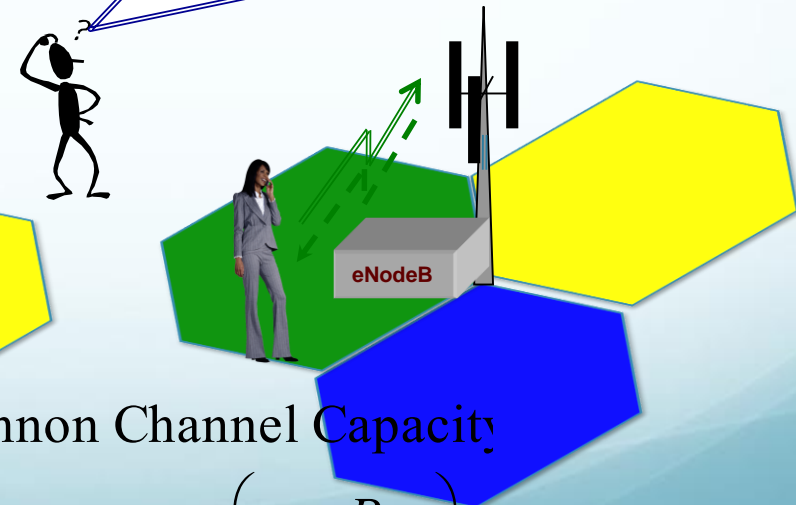
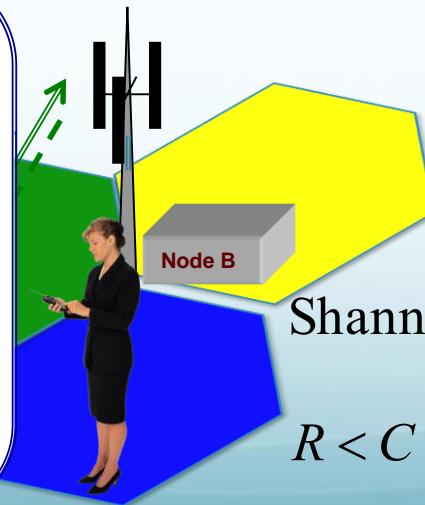


4G E-UTRA (LTE) Macro Station:

- ✓ Típico Tres sectores
- ✓ Un Tx. por Carrier de 1.4/3/5/10/15/20MHz.
- ✓ típico 01 transmisor por sector.
- ✓ Potencia 20W-40W per Carrier.
- ✓ Peak Data Rate 20MHz, MIMO 4x4: 300Mbps/75Mbps

3G-UTRA FDD Macro Station 3x2:

- ✓ Típico Tres sectores
- ✓ Un transmisor por Carrier de 5MHz.
- ✓ típico 01 transmisor por sector.
- ✓ Potencia 20W per Carrier
- ✓ Peak Data Rate single carrier 21Mbps/7Mbps



Shannon Channel Capacity

$$R < C = W \log_2 \left(1 + \frac{P_{Rx}}{P_{Ruido}} \right)$$

Evolución & Reducción de consumo de Potencia Terminal de Usuario (1/2)



Motorola DynaTAC 8000x de Motorola:

Peso: 800 gramos

Dimensiones: 33x 4.5x 8.9 cm

Tiempo 30 minutos de conversación.


Costo: \$4,000



El consumo mínimo de energía es de suprema importancia. Ya no es solo un teléfono!

Además Incluye:

- Agenda personal (PDA)
- Cámara
- Video juego
- Reproductor/grabador multimedia
- cliente e-mail
- Web Browsing/Internet(Facebook, Twitter, etc.)
- Navegador GPS



Evolución & Reducción de consumo de Potencia Terminal de Usuario (2/2)

Tabla 1: Bandas 3GPP UTRAN FDD

Operating Band	UL Frequencies UE transmit, Node B receive	DL frequencies UE receive, Node B transmit
I	1920 - 1980 MHz	2110 - 2170 MHz
II	1850 -1910 MHz	1930 -1990 MHz
III	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz
IV	1710-1755 MHz	2110-2155 MHz
V	824 - 849 MHz	869-894 MHz
VI	830-840 MHz	875-885 MHz
VII	2500-2570 MHz	2620-2690 MHz
VIII	880 - 915 MHz	925 - 960 MHz
IX	1749.9-1784.9 MHz	1844.9-1879.9 MHz
X	1710-1770 MHz	2110-2170 MHz
XI	1427.9 - 1447.9 MHz	1475.9 - 1495.9 MHz
XII	699 - 716 MHz	729 - 746 MHz
XIII	777 - 787 MHz	746 - 756 MHz
XIV	788 - 798 MHz	758 - 768 MHz
XV	Reserved	Reserved
XVI	Reserved	Reserved
XVII	Reserved	Reserved
XVIII	Reserved	Reserved
XIX	830 - 845MHz	875 - 890 MHz
XX	832 - 862 MHz	791 - 821 MHz
XXI	1447.9 - 1462.9 MHz	1495.9 - 1510.9 MHz
XXII	3410 - 3490 MHz	3510 - 3590 MHz
XXV	1850 - 1915 MHz	1930 - 1995 MHz
XXVI	814 - 849 MHz	859 - 894 MHz

Tabla 2: Potencia máxima de Transmisión UE

Operating Band	Power Class 1		Power Class 2		Power Class 3		Power Class 3bis		Power Class 4	
	Power (dBm)	Tot (dB)	Power (dBm)	Tot (dB)	Power (dBm)	Tot (dB)	Power (dBm)	Tot (dB)	Power (dBm)	Tot (dB)
Band I	+33	+1/-3	+27	+1/-3	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band II	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band III	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band IV	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band V	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band VI	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band VII	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band VIII	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band IX	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band X	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band XI	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band XII	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band XIII	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band XIV	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band XIX	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band XX	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band XXI	-	-	-	-	+24	+1/-3	23	+2/-2	+21	+2/-2
Band XXII	-	-	-	-	+24	+1/-4.5	23	+2/-3.5	+21	+2/-3.5
Band XXV	-	-	-	-	+24	+1/-4	23	+2/-3	+21	+2/-3
Band XXVI	-	-	-	-	+24	+1/-4	23	+2/-3	+21	+2/-3

NOTE 1 For the UE which supports both Band V and Band XXVI operating frequencies, the UE maximum output power of Band V shall apply for Band XXVI when the carrier frequency of the assigned UTRA channel is within 824-845 MHz.



Power Class 3, 24dBm:

$$P_w = \frac{1}{1000} \times 10^{[24/10]} = 0.251Watts$$

Power Class 4, 21dBm:

$$P_w = \frac{1}{1000} \times 10^{[21/10]} = 0.126Watts$$

Los niveles de señal son tan bajos que se utiliza escala logarítmica con respecto a 1 miliwatt (dBm)

$$P_w = \frac{1}{1000} \times 10^{[P_{dBm}/10]}$$

[1] 3GPP TS 25.101 V12.2.0, "User Equipment (UE) radio transmission and reception (FDD), Release 12"

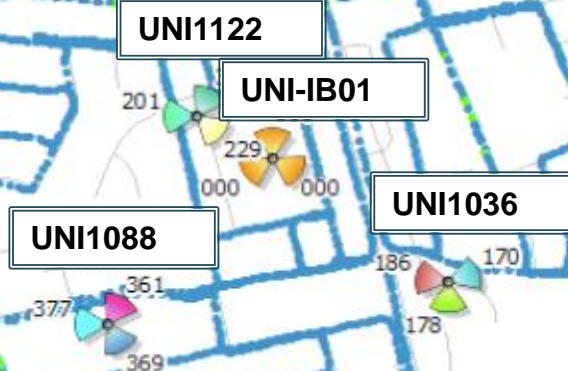
Ejemplo de Mediciones de Optimización – 3G UTRAN

En 3G la piloto utiliza entre el 5% y 10% de la potencia total del Node B



RSCP CPICH de -65dBm,
Cuanto es en potencia lineal?

$$P = \frac{1}{1000} \times 10^{[-65/10]} = 3.16 \times 10^{-7} mW$$

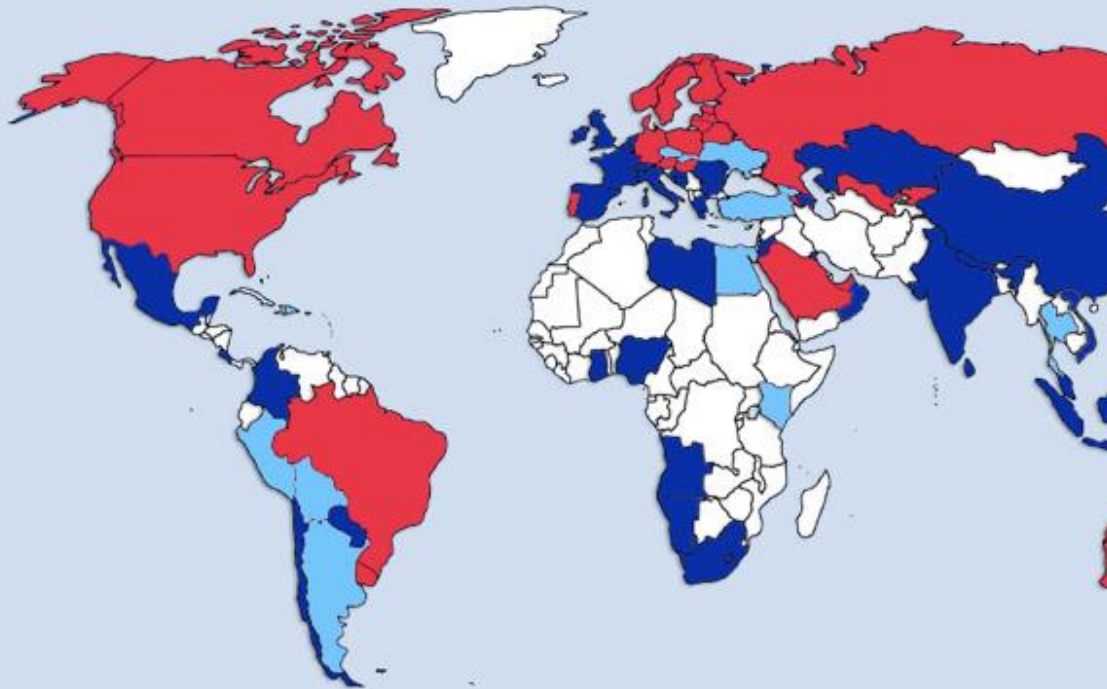


Idle_ON-Uu_ActiveSet_CalculatedRSCP_0 (dBm)

- Below -105.00 (0) 0.0%
- >= -105.00 to < -90.00 (27) 0.7%
- >= -90.00 to < -80.00 (179) 4.8%
- >= -80.00 to < -70.00 (582) 15.6%
- Above -70.00 (2942) 78.9%

Rápido crecimiento de E-UTRAN (LTE)

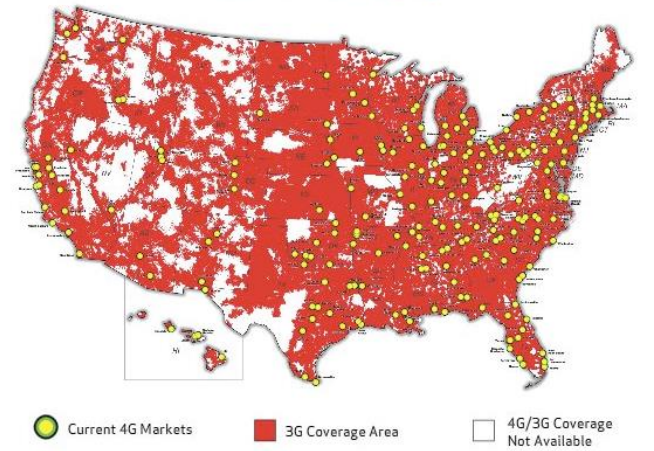
Information courtesy of
Global mobile Suppliers Association,
March 2012



-  Countries with commercial LTE service
-  Countries with LTE commercial network deployments on-going or planned
-  Countries with LTE trial systems (pre-commitment)

© Global mobile Suppliers Association - GSA

Verizon 4G LTE Coverage Map



El Desarrollo tecnológico no se detiene.

LTE es la tecnología de más rápido crecimiento en la historia!



Regulación de Emisiones: Radiaciones No Ionizantes (RNI) y la Salud



Espectro Radioeléctrico Útil (No ionizante)

TIPOS DE RADIACIÓN



FRECUENCIA

1 Hz

1 KHz

1 Mhz

1 Ghz

1 Thz

10^{15} Hz

10^{19} Hz

ALGUNAS FUENTES DE RADIACIÓN


Líneas de
alta tensión


Emisor de
Radio AM


Emisor de
Radio FM


Antena
Telefonía
Celular


Horno
Microondas


Lámparas
incandescentes


Móquino de
Rayos X


Elementos
Radioactivos

NIVEL DE PENETRACIÓN DE LA TELEFONÍA CELULAR. 6.8 billion mobile-cellular subscriptions, ITU 2013

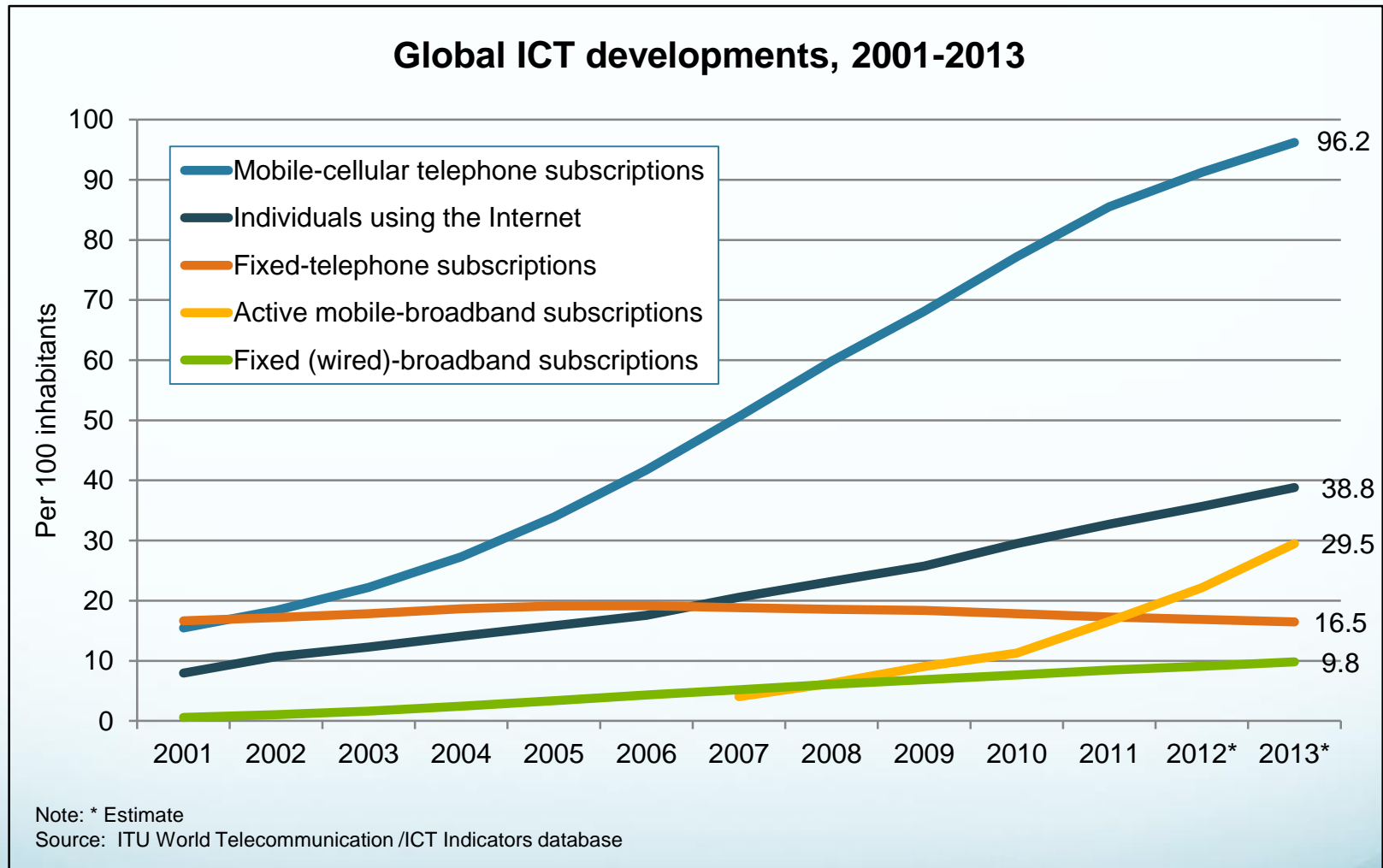


Figura 1. Subscriptores de Telefonía Celular vs Fija en Nicaragua Según la UIT.

Aumento de Usuarios de Telefonía Celular en Nicaragua.

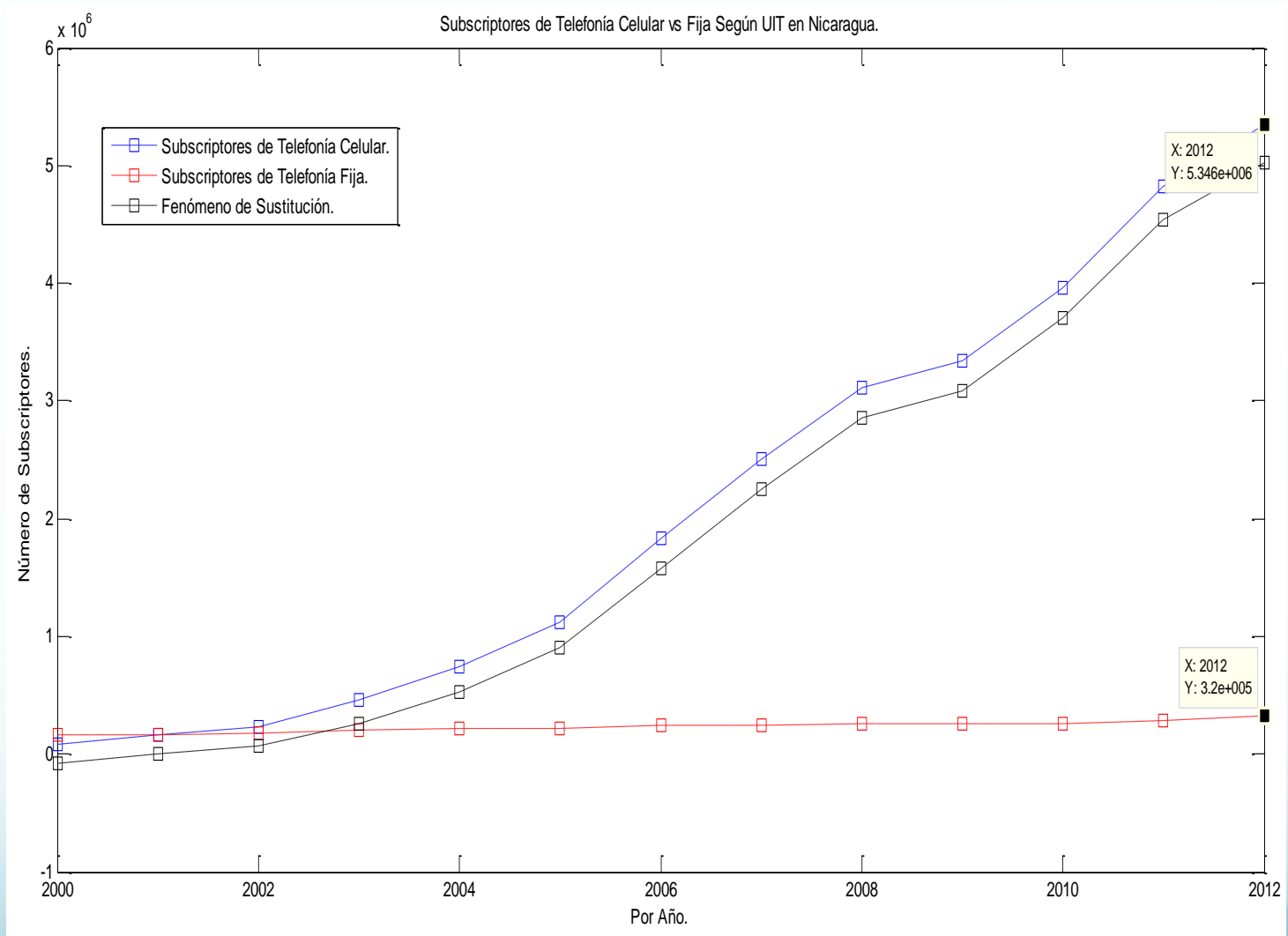


Figura 2. Subscriptores de Telefonía Celular vs Fija en Nicaragua Según la UIT.

Principales Fuentes Consultadas!!!



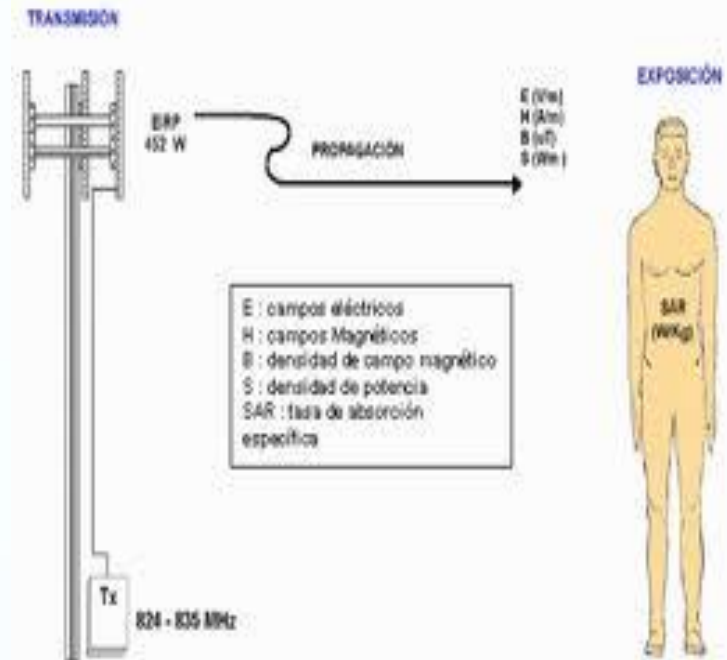
World Health Organization



[2] WHO, World Health Organization. *Electromagnetic Fields*.
Geneva : <http://www.who.int/peh-emf/en/>.

Regulación de las radiaciones no ionizantes

“En varios estudios se han investigado los efectos de los campos de radiofrecuencia en la actividad eléctrica cerebral, la función cognitiva, el sueño, el ritmo cardíaco y la presión arterial en voluntarios. Hasta la fecha, esos estudios parecen indicar que no hay pruebas fehacientes de que la exposición a campos de radiofrecuencia de nivel inferior a los que provocan el calentamiento de los tejidos tenga efectos perjudiciales para la salud”. (OMS, 2011) (Corto Plazo)



“Todas las evaluaciones realizadas hasta la fecha han indicado que las exposiciones a niveles inferiores a los límites recomendados en las directrices sobre CEM de la ICNIRP (2009), que abarcan el intervalo completo de frecuencias, de 0 a 300 GHz, no producen ningún efecto perjudicial para la salud conocido. No obstante, aún hay lagunas de conocimiento que se deben abordar para poder mejorar las evaluaciones sobre los riesgos para la salud”, (OMS; 2013) . (Largo plazo).

Exposición Ocupacional (ICNIRP*)

Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico	Intensidad de campo magnético	Densidad de Potencia
	(V/m)	(A/m)	(W/m ²)
9 – 65 KHz	610	24.4	-
0.065 – 1 MHz	610	1.6 / f	-
1 – 10 MHz	610 / f	1.6 / f	-
10 – 400 MHz	61	0.16	10
400 – 2000 MHz	$3 f^{0.5}$	$0.008 f^{0.5}$	f / 40
2 – 300 GHz	137	0.36	50

(*) Cuando las personas están expuestas a la RF como consecuencia de su ocupación y son conscientes del potencial para exposición y pueden ejercer el control sobre el mismo.

[3] ICNIRP, International Commission on Non-Ionizing Radiation. *Guidelines for limiting exposure to time-varying Electric, magnetic and electromagnetic fields*. 1998. 74(4): 494-522. 1998, 2009.

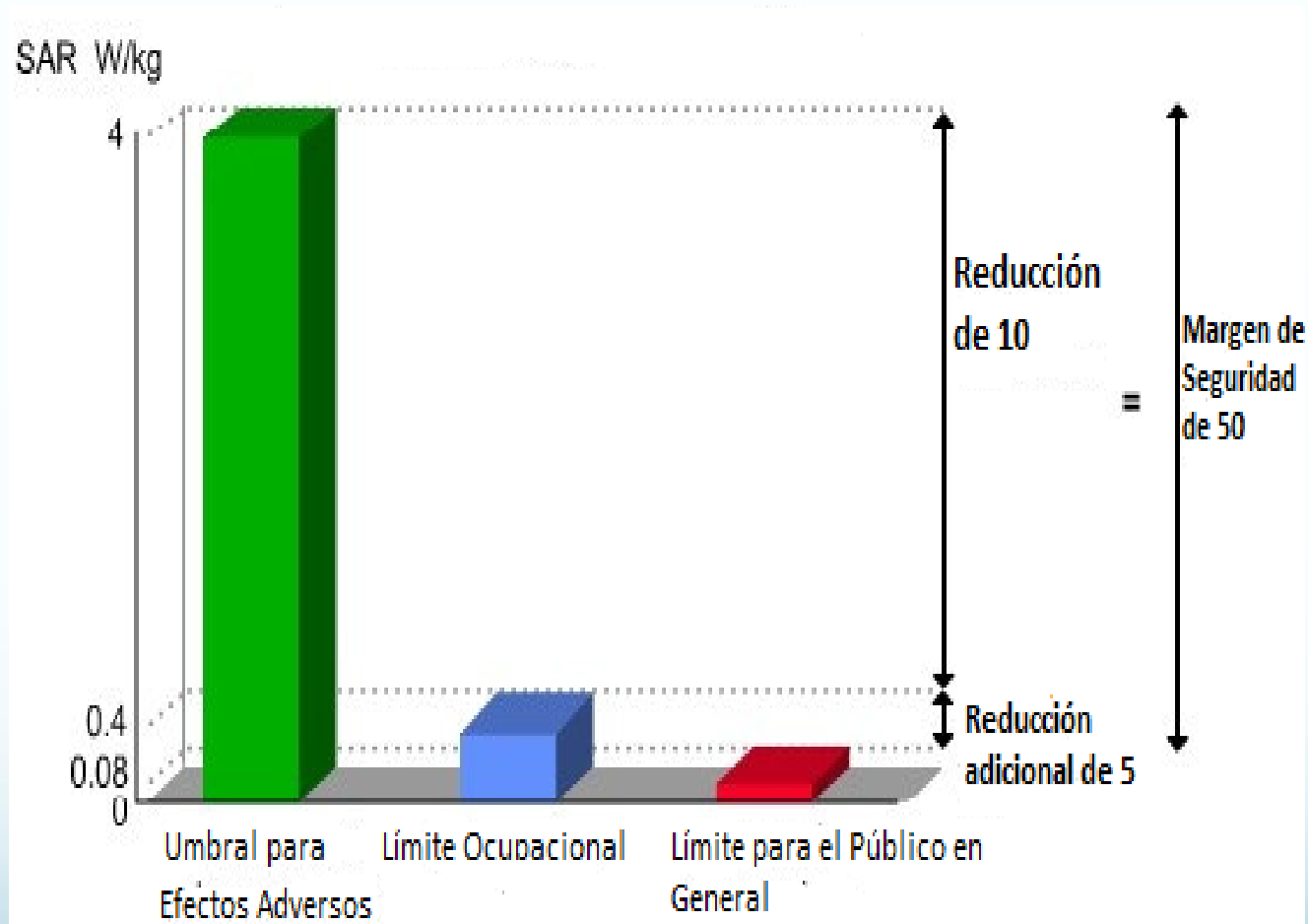
Exposición Poblacional (ICNIRP*)

Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico	Intensidad de campo magnético	Densidad de Potencia
	(V/m)	(A/m)	(W/m ²)
9 – 150 KHz	87	5	-
0.15 – 1 MHz	87	0.73/f	-
1-10 MHz	$87/f^{0.5}$	0.73/f	-
10-400 MHz	28	0.073	2
400-2000 MHz	$1.375 f^{0.5}$	$0.0037 f^{0.5}$	$f / 200$
2 – 300 GHz	61	0.16	10

(*) Cuando las personas expuestas podrían no estar conscientes del potencial de la exposición o no pueden ejercer control sobre dicha exposición

Regulación de las RNI.

ICNIRP guidelines



SAR: coeficiente de absorción específica,

Cuál Sería el Procedimiento a Considerar?



En vista de las investigaciones se recomienda regular los niveles de emisión de RNI de los distintos Sistemas de Telecomunicaciones que hacen uso del Espectro Radioeléctrico siguiendo las recomendaciones de la OMS & ICNIRP & UIT.

No Hay Regulación de RNI.

En Nicaragua:

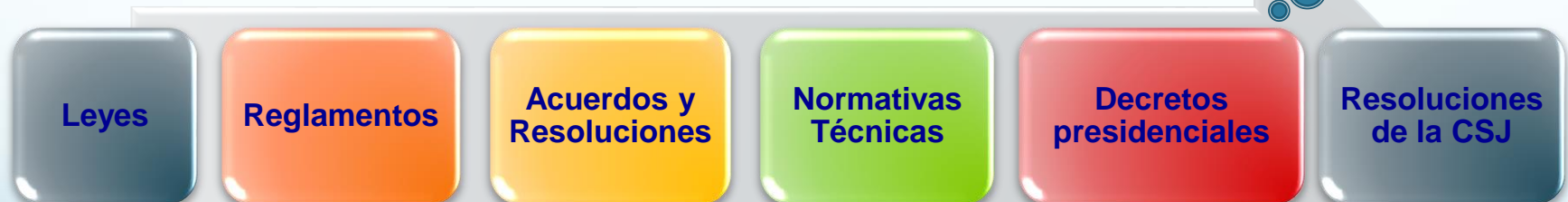
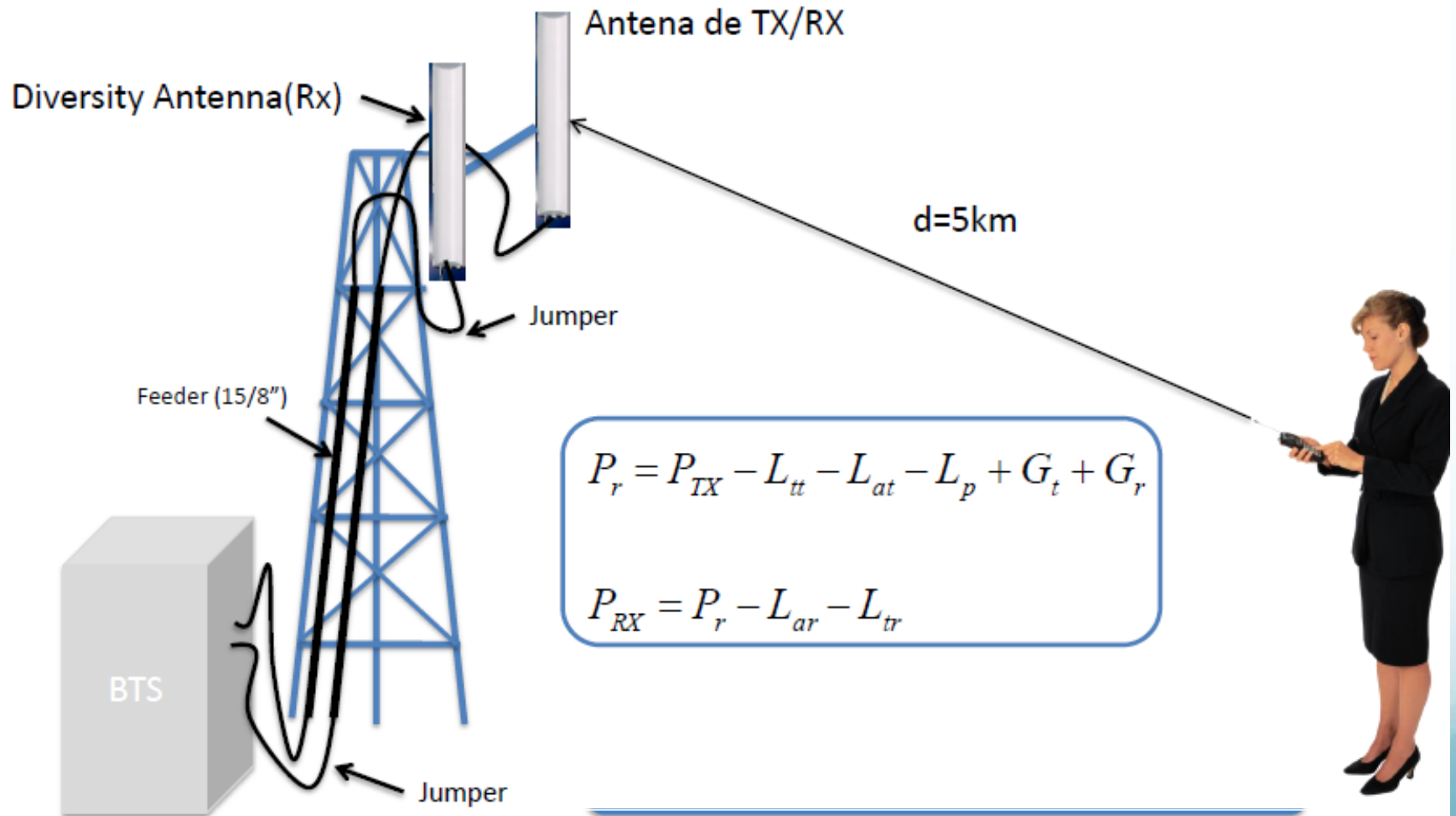
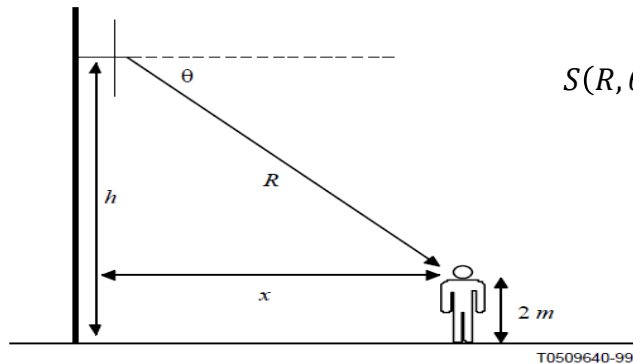


Figura : Estructura del Marco Regulatorio de las Telecomunicaciones en Nicaragua.

Cuál Sería el Procedimiento a Considerar?...



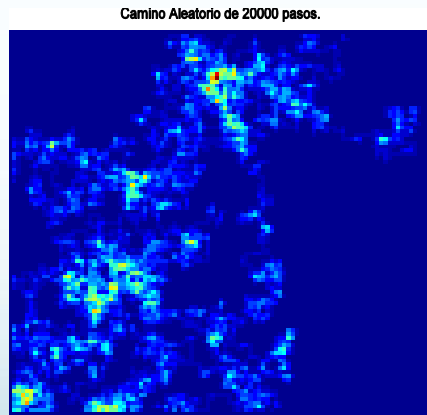
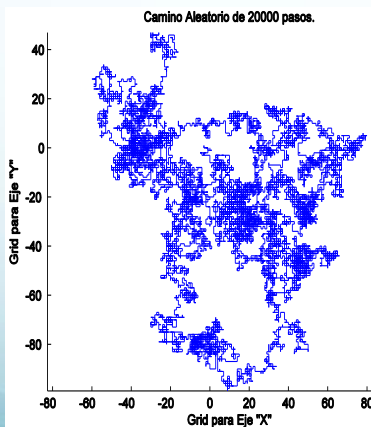
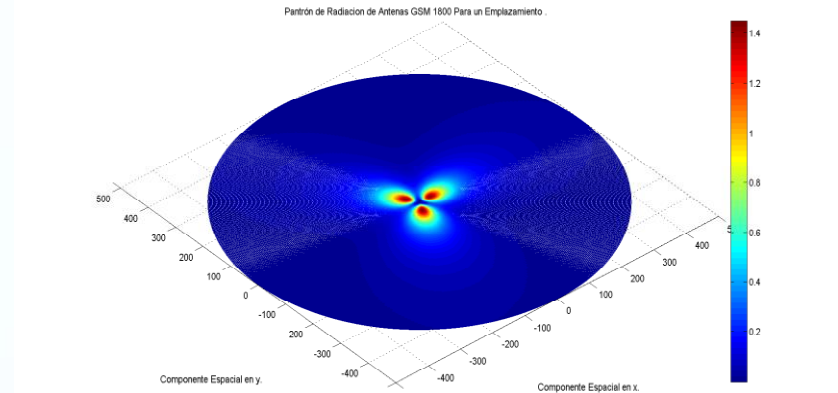
Límites de exposición a los campos electromagnéticos. UIT-T K.52



$$S(R, \theta, \varphi) = \frac{EIRP}{4\pi} \left[f(\theta, \varphi) \frac{1}{R} + \rho f(\theta', \varphi') \frac{1}{R'} \right]^2 \quad f(\theta, \varphi) = \left[\frac{\cos(\frac{\pi}{2} \sin \theta)}{\cos \theta} \right]^2$$

Figura 5.1 Ejemplo de Configuración para calcular la exposición a nivel del suelo. (Fuente: UIT-K.52)

- Área de Cobertura: 500 mts.
- Velocidad peatonal: 0.92 m/s.



$$d_m = \sqrt{(x_f - x_0)^2 + (y_f - y_0)^2} \quad \{Para \text{ un paso} \}$$

$$dm_i = \sqrt{(x_{(1,i+1)} - x_{(1,i)})^2 + (y_{(1,i+1)} - y_{(1,i)})^2} \quad \{Para \text{ n pasos} \}$$

$$\sum_i S_i t_i \leq S_l t_{avg} \quad \frac{f}{200}; 400 - 2000 \text{ MHz.}$$

[4] O. N. Martinez and M.R. Arias, “Análisis Sobre Exposición de Personas a Campos Electromagnéticos Emitidos por Redes Celulares Desplegadas en Ambientes Urbanos”, Proceedings del XXXIIIrd Conferencia Internacional de Centroamérica y Panamá (CONCAPAN XXXIII), Guatemala, Nov. 2013.

Resumen

- El desarrollo tecnológico y la evolución de la tecnología celular continua (2G/3G/4G -> 5G). Un celular es más que un telefono en la actualidad.
- La evolución ha permitido mayor velocidad de transmisión empleando menor potencia tanto en la estacion base como en el terminal de usuario (2G:384kbps/128kbps, 3G:21Mbps/7Mbps, 4G-LTE: >300Mbps/75Mbps)
- Las mediciones en Managua muestran que, aunque Nicaragua no ha adoptado las recomendaciones de la OMS/UIT/ICNIRP, el uso de tecnologías certificadas por estandares internacionales corresponden a niveles de exposición “outdoors” muy por debajo de los límites recomendados.
- Se recomienda la adopción y establecimiento de normas/reglamentos que garanticen la certificación nacional de cumplimiento con las recomendaciones de la ICNIRP (considerando la normativa de UIT-T K83) .

Gracias por su atención!!!